

Annex 1. Dinàmica Six Sigma

A1.1. Objectius

La dinàmica tracta sobre una catapulta que simula una màquina amb una gran variabilitat. Els participants hauran d'aconseguir implementar les millores que facin que aquesta variabilitat es redueixi a partir dels coneixements apresos al curs. Amb aquesta premissa en ment, els objectius d'aquesta dinàmica són:

- **Reducció de la variabilitat que es dona en els llançaments d'una catapulta:** Aquests hauran d'aconseguir que tots els projectils caiguin dins la mateixa zona amb el mínim de variació possible.
- **La implementació d'un sistema de mesura fiable:** Tal com deia Lord Kelvin al segle XIX, *"No es pot millorar allò que no es pot mesurar"*. Així doncs, és important que els participants de la dinàmica es focalitzin no només en millorar la catapulta per reduir la variabilitat sinó també en millorar el sistema de mesura.
- **Utilització d'un diagrama d'afinitat:** s'utilitzaran per a llistar el conjunt de possibles millores que es poden fer sobre la catapulta.
- **Priorització de les millores:** per tal de simular la realitat els participants no tindran accés a totes les millores, sinó que se'ls assignarà un "pressupost" que obligarà a tirar. D'aquesta manera hauran de prioritzar les que creuen que els farà reduir la variabilitat amb major mesura. Com és previsible no tots els participants dels diferents equips estaran d'acord amb quines són les millores, així doncs, un altre dels objectius buscats és que els participants practiquin **la presa de decisions conjuntes** quan no hi ha consens.
- **Definició d'un procediment operatiu clar:** al començament de la dinàmica no hi haurà cap mena de procediment operatiu definit. Donat que tots els participants del grup hauran de utilitzar la catapulta durant uns quants tirs, sense un procediment operatiu clar, cada persona la configurarà segons el seu criteri i per tant això serà una font important de variabilitat. És crucial doncs, que els participants vegin aquest problema i implementin aquesta millora que, d'altra banda, té un cost zero ja que no suposa cap mena de canvi en la configuració de la màquina.
- **Aplicació del treball en equip:** una de les premisses de la indústria és produir el màxim de unitats amb el mínim de temps i la mínima variabilitat possibles. Així doncs, els participants s'hauran d'organitzar per poder fer el màxim de llançaments en un temps determinat.

A1.2. Descripció de la dinàmica

La dinàmica es realitzarà en equips de no més de 5-6 persones i es dividirà temporalment en les següents parts:

- Simulació inicial i anàlisi estadístic dels resultats
- Realització d'un diagrama d'afinitat i aplicació de millores
- Simulació final i anàlisi estadístic dels resultats
- Valoració dels resultats

A1.2.1. Simulació inicial

La simulació inicial es realitzarà sense cap tipus de explicació del procediment operatiu que s'ha de seguir per part del professorat. Per a la realització d'aquesta simulació els participants comptaran amb el següent material: una catapulta, un o més projectils (en aquest cas seran pilotes de jugar a pales) i una cinta mètrica.



Fig. A1.1. Material utilitzat en la simulació inicial

Aquesta catapulta estarà ubicada al principi de una taula de grans dimensions al damunt de la qual trobarem un paper d'embalar com el de la figura A1.2. L'objectiu serà que els participants siguin capaços d'enviar les boles al màxim de juntes possibles tenint en compte que es fixarà l'angle a 150 graus. En el transcurs d'aquesta dinàmica només es tindrà en compte la variabilitat que donen els llançaments longitudinals. Els llançaments que estiguin a la mateixa distancia longitudinal seran considerats com a iguals, independentment de la distancia horitzontal que els separi.

Al iniciar la dinàmica els participants tindran aproximadament 5 minuts per a familiaritzar-se amb l'ús de la catapulta. Un cop fet això els participants tindran 15 minuts per tal de realitzar el màxim de llançaments possibles amb la mínima variabilitat i mesurar a quina distància real han caigut. És indispensable que en la realització d'aquests llançaments participin tots els membres de l'equip i s'anotin les mesures estratificades per llançador. A continuació es realitzarà un anàlisi estadístic en el qual es mesurarà la variabilitat tant per llançador com total.



Fig. A1.2. Material utilitzat en la simulació inicial

A1.2.2. Realització d'un diagrama d'afinitat i aplicació de millores

En aquest apartat els participants realitzaran en primer lloc un diagrama d'afinitat en el qual posaran en comú quines són les causes d'aquesta variabilitat. Es previsible que d'aquest diagrama d'afinitat se n'extreguin les següents conclusions:

- La manca d'un procés operatiu clar fa que cada persona llanci d'una manera diferent, augmentant així la variabilitat.
- No està fixat de manera exacte l'angle fins al qual s'ha de baixar el braç de la catapulta i per tant existeix una variació en aquest a cada llançament.
- Al realitzar un llançament la catapulta es mou i resulta molt difícil tornar-la a ubicar a la mateixa posició. A resultes d'això estem introduint variabilitat al procés.
- El sistema de mesura pot estar enganyant-nos donat que és molt difícil saber exactament on ha caigut la bola. Podria ser que els punts de caiguda tinguessin una variabilitat molt més reduïda de la que nosaltres creiem però degut al sistema de mesura aquesta es magnifica.

En cas que algun grup no arribi a aquestes conclusions es important que el professor actui com a facilitador indicant-los que aquestes poden ser causes de la variabilitat.

Amb les causes de la variabilitat ja descrites els participants podran aplicar millores sobre les seves màquines per tal de reduir-la. Amb l'objectiu de simular la realitat, en la que els pressupostos per a millores són limitats, i generar una discussió entre els participants només es permetrà triar tres de les millores explicades a continuació. Aquestes millores s'hauran de triar per consens i són:

Fixació de la catapulta:

Aquesta fixació es realitzarà amb cinta americana i permetrà fixar la catapulta sobre la taula per tal de que aquesta no es mogui d'aquesta posició a través dels successius llançaments. En la figura A1.3 veiem un exemple de fixació de la catapulta.



Fig. A1.3. Configuració de la catapulta després de fixar-la amb cinta americana.

Limitació de l'angle de llançament:

Aquesta millora farà que l'angle al qual es llança estigui bloquejat. La millora es realitzarà introduint un tascó de manera que, independentment del llançador, aquest només haurà d'estirar el braç de la catapulta fins que no pugi més, i un cop en aquesta posició deixar-lo anar. D'aquesta manera sempre es llançarà amb el mateix angle.

Formació del personal:

Aquesta millora consistirà en formar el personal per tal de que sempre llancin de la mateixa manera, ensenyant-los exactament quina és la manera correcta de fer-ho per tal de suprimir aquells vicis que hagin pogut adquirir amb el temps de pràctica. Donat que en aquest cas no es tracta d'un procediment suficientment complicat per tal de justificar una formació, aquesta es simularà fent que hi hagi un sol llançador per grup. Aquest tindrà un procediment propi que repetirà durant els diferents llançaments, fet que podria equivaldre a una "estandardització del procés".

Millora del sistema de mesura:

Per tal de validar que les mesures són el màxim de precises possibles, s'ofereix als participants la capacitat de incloure sobre els diferents papers d'embalar una fulla de calcar. Aquesta fulla al rebre un impacte de la bola deixarà una marca sobre el paper de sota fent que quedi fixat exactament quin és el punt de impacte. Per tal que aquesta millora sigui el màxim de efectiva cal definir també quin serà el punt de la marca que s'agafarà per a la mesura ja que aquesta no és puntual sinó que ocupa una petita superfície. Generalment es defineix aquest punt com el centre.



Fig. A1.4. Marques deixades sobre el paper d'embalar després d'un impacte de projectil

Adicionalment és proposarà als grups una millora que no suposa cap tipus de cost econòmic en un procés real: **la definició d'un procediment operatiu**. Tots els grups hauran de consensuar quin és el procés a realitzar per tal de llançar la bola i quines comprovacions cal fer abans de fer-ho. Es definirà un procés operatiu també per a la realització de les mesures.

A1.2.3. Simulació final

A continuació es realitzarà una simulació amb les millores consensuades ja aplicades a les respectives catapultes. Aquesta simulació tindrà una distribució temporal idèntica a la de la primera simulació en la que els participants tindran uns 15 minuts per tal de realitzar el màxim de llançaments amb la mínima variabilitat possible. S'analitzaran els resultats per tal de calcular-ne la variabilitat i es compararà amb la del principi.

A1.2.4. Valoració dels resultats

En aquesta etapa final el professorat mostrarà als alumnes diferents resultats a través dels quals es podrà veure quines eren realment les millores que aportaven més reducció de la variabilitat i s'analitzarà el perquè. En aquesta etapa també s'hauria de reflexionar sobre com algunes millores que no impliquen cap tipus de inversió econòmica poden acabar resultant en grans reduccions de la variabilitat. Finalment caldrà posar èmfasi que en la major part dels casos les causes de variabilitat són molt fàcils d'identificar i relativament senzilles de resoldre.

Annex 2. Dinàmica Lean

A2.1. Objectius

Amb aquesta dinàmica es busca que els participants pugin aplicar de manera pràctica a través d'una simulació els següents conceptes:

- **Diferenciació entre un sistema productiu Push i Pull:** en la primera simulació s'utilitzarà un sistema productiu Pull mentre que en la segona simulació s'utilitzarà un sistema productiu Push. Els participants al final de la dinàmica haurien de tenir clar que un sistema productiu pull és molt millor que un sistema push ja que aquest ens evita colls d'ampolla, ens redueix el WIP, ens redueix el Lead time etc.
- **Utilització d'un diagrama d'afinitat:** durant la dinàmica s'utilitzaran diagrames d'afinitat en dues ocasions: tant per a classificar els problemes detectats en la primera simulació com per identificar les possibles millores.
- **Pràctica de la realització d'un mapa de procés:** amb l'objectiu de comprendre millor quins són els passos del procés productiu.
- **Pràctica del càlcul del Lead Time, el temps de cicle i aplicació de la llei de Little sobre un procés productiu simulat:** Aquestes mètriques són les que ens permetran veure on estem a l'inici i quant hem aconseguit millorar a través de les diferents accions empreses amb aquest fi.
- **Realització d'un anàlisi de valor:** amb l'objectiu addicional de fomentar entre els participants un esperit crític que permeti adonar-se de que la major part de les activitats d'un procés no aporten res. Aquest anàlisi busca també un debat sobre si realment totes les accions que no aporten valor es poden eliminar o n'hi ha algunes (com el control de seguretat d'un aeroport) que malgrat que no aporten res, no són eliminables.
- **Implementació de millores Lean a partir de les oportunitats identificades:** es busca que els participants vagin més enllà de la simple identificació dels problemes del procés. En aquesta dinàmica un dels objectius principals es que siguin capaços d'aplicar eines Lean per a resoldre les oportunitats de millora, tal i com es trobaran més endavant en els seus respectius llocs de treball.
- **Treball en equip:** Un dels valors afegits de la dinàmica està en que la realitzin persones d'orígens diferents i que no és coneixen entre si. D'aquesta manera s'obliga als participants a dialogar amb els altres i a arribar a solucions consensuades. A més, s'eviten biaixos que es donen quan els participants és coneixen, com per exemple que es valorin més les idees d'una persona perquè "en sap més" o menys les d'un altre perquè "és el nou".

A2.2. Descripció de la dinàmica

La dinàmica consta de la simulació del procés d'embarcament de passatgers en un avió comercial. Aquesta dinàmica constarà de les següents parts:

- Simulació inicial.
- Conclusions de la primera simulació: Realització de diagrames d'afinitat.
- Descripció del procés: Realització d'un BPMN i un anàlisi de valor a partir d'aquest.
- Busca de les possibles solucions: Realització de diagrames d'afinitat.
- Simulació final amb les millores implementades per cada grup.
- Comparació de la diferencia en les mediacions i conclusions de l'exercici.

A2.2.1. Simulació inicial

Aquesta simulació tindrà una durada total de **quatre minuts**. Prèviament a aquests es permetrà als participants practicar amb les seves tasques. Durant aquesta simulació es realitzaran les següents mesures:

- **Numero de persones que han completat el procés:** es mesurarà com les persones que estan assentades a l'avió al final dels quatre minuts. A partir d'aquestes dades es calcularà el throughput. A partir del Throughput es calcularà també el temps de cicle.
- **Work in Progres (WIP):** es mesurarà com aquelles persones que es troben en alguna de les estacions al final dels quatre minuts.
- **Lead time:** es calcularà com al temps que triga una persona del principi a fi del procés. És a dir, des del check in fins que s'asseu a l'avió. Aquesta mesura es farà quan el sistema estigui estabilitzat, per assegurar-ho es mesurarà el temps que triga el cinquè passatger. Per tal de facilitar als observadors veure el temps que s'està esperant aquest serà d'un color diferent als altres com podem veure a la figura A2.5.



Fig. A2.5. Passatger utilitzat per a la mesura del Lead Time

Aquests càlculs juntament amb els següents s'anotaran en una taula com la que és mostra a continuació. La taula estarà impresa en un full de mida DIN A3 i es col·locarà a la vista de tothom.

	Throughput	Work in Progress (WIP)	Lead Time	Temps de cicle
Simulació 1				
Simulació 2				

Finalment és comprovarà la validesa de la llei de Little comprovant que la seva relació es compleix amb les dades i càlculs recollits durant la simulació.

A2.2.1.1. Muntatge de la primera simulació

El muntatge utilitzat a la primera simulació correspon amb el de la següent figura:

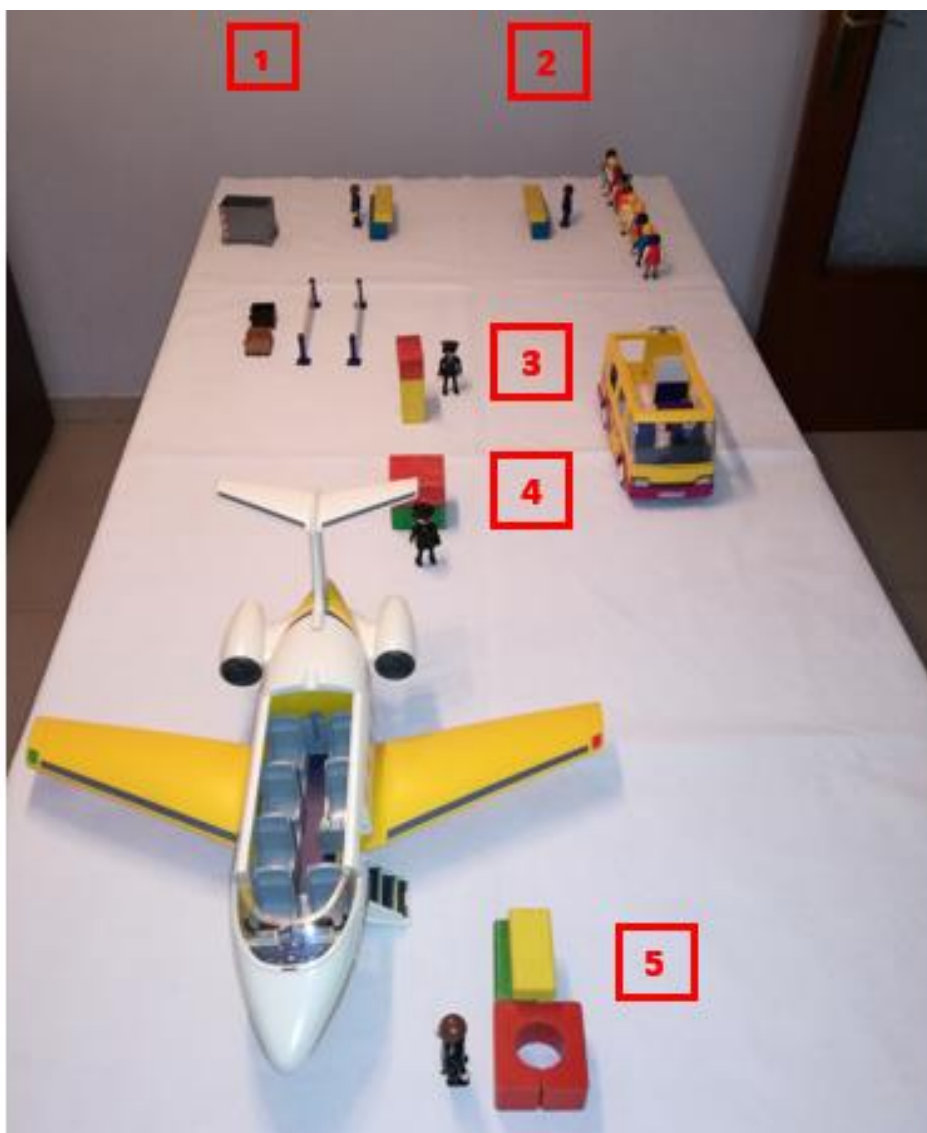


Fig. A2.6. Passatger utilitzat per a la mesura del Lead Time

Com podem veure a la figura A2.6 per a la realització d'aquesta dinàmica seran necessàries com a mínim 5 persones que s'ocuparan d'atendre les tasques dels operaris de 1 a 5. La resta de persones que no estiguin realitzant cap tasca tindran el roll d'observadors. No hi ha cap límit de participants tot i que es recomana que no excedeixin els 10 per tal de que tots ells pugin participar proposant millores, donant opinions etc. En el cas que els participants a la dinàmica excedeixin els 10, és convenient realitzar dos grups per a fer les simulacions. Els perfils requerits seran:

Oficial de Check in (Posicions 1 i 2):

La funció de les persones ubicades a les posicions 1 i 2 seran la d'oficial de check in. Aquestes persones seran encarregades d'agafar un passatger de la cua, que com es veu a la figura A2.6, es troben sense res i equipar-les amb els següents objectes:

1. **Equipatge personal:** amb aquest objecte es simula l'equipatge personal d'un passatger. Aquest ha de tenir unes mides estipulades que es comprovaran durant el procés. Aquest objecte el duran a la mà.
2. **Targeta d'embarcament:** amb aquest objecte de petites dimensions rectangulars es simularà la targeta d'embarcament d'un passatger. El passatger la durà a la mà.
3. **Accessoris personals:** amb aquest objecte es volen simular aquells objectes que t'has de treure quan passes per un control de seguretat a l'aeroport tals com un cinturó, rellotge, monedes etc. En aquest cas es tractarà d'un barret.



Fig. A2.7. Equipatge personal d'un passatger

A la figura A2.8 es pot observar un passatger amb els tres objectes descrits col·locats a les posicions corresponents:



Fig. A2.8. Passatger després del Check In

En el cas de la simulació inicial aquests objectes es trobaran en un caixa totalment barrejats entre si. D'aquesta manera, quan es vulgui equipar a un passatger caldrà buscar en aquesta fins a trobar els tres objectes. Un cop acabat el muntatge es depositarà el passatger a la cua del control de seguretat.



Fig. A2.9. Cua de passatgers al control de seguretat

Oficial de seguretat 1 (Posició 3):

La tasca de la persona ubicada a la posició 3 és la d'oficial de seguretat. La seva feina es pot dividir en dues tasques ben diferenciades:

1. En primer lloc caldrà que agafi el primer passatger de la cua del control de seguretat. Un cop el tindrà se li trauran tots els seus objectes: equipatge personal, targeta d'embarcament i accessoris personals i es dipositaran a la safata marcada de color blau a la figura A2.10.
2. En segon lloc posarà el passatger al control de seguretat de la manera indicada a al requadre de color vermell de la figura A2.10. La duració d'aquest control de seguretat serà de 5 segons des de que es deixa fins que es torna a agafar.

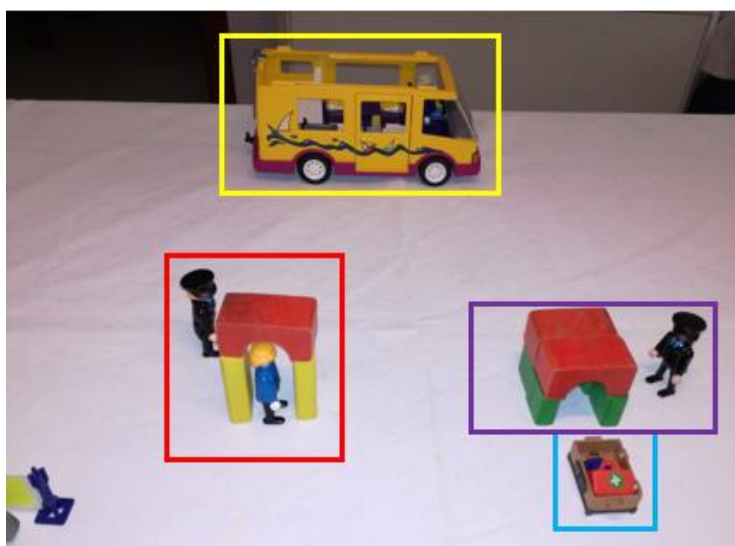


Fig. A2.10. Control de seguretat

Oficial de seguretat 2 (Posició 4):

La persona de la posició 4 recull la safata amb els objectes personals del passatger (marcada amb color blau a la figura A2.10) i la passa per sota de l'escàner de seguretat. La duració de l'escàner de seguretat és de 5 segons, que és comptaran en veu alta.

Al final de l'escàner de seguretat dels objectes personals, si el passatger ha acabat també de passar per l'arc de seguretat, caldrà preparar l'usuari per l'embarcament a l'avió. Per fer-ho caldrà tornar a equipar al passatger amb l'equipatge, la targeta d'embarcament i els accessoris. Un cop fet, és posarà el passatger a l'autobús llançadora marcat de color groc a la figura A2.10).

La particularitat d'aquest autobús és la següent: per tal de no realitzar viatges inútils no sortirà cap a l'àrea d'embarcament fins que sigui ple. Es considera l'autobús com a ple quan hi ha 4 passatgers al seu interior.

Oficial d'embarcament (Posició 5):

L'operari de la posició 5 serà l'oficial d'embarcament i tindrà varies tasques:

- Un cop l'autobús estigui ple, rebrà una senyal de l'oficial de seguretat de la posició 4 i mourà l'autobús amb els passatgers fins a la zona d'embarcament. Un cop aquí descarregarà tots els passatgers. Un cop fet això, aquest retornarà a la zona dels controls de seguretat.
- A continuació caldrà comprovar que les mides del passatger són les adequades. A aquest efecte, es posarà la maleta al motlle marcat amb color vermell. En cas que aquesta hi càpiga, es considerarà la maleta apta i es dipositarà a la safata marcada en color blau.
- També caldrà comprovar la targeta d'embarcament, que és dipositarà al costat del mostrador (marcat amb color verd).
- Finalment es col·locarà el passatger al seient de l'avió com es pot veure a la figura A2.11.

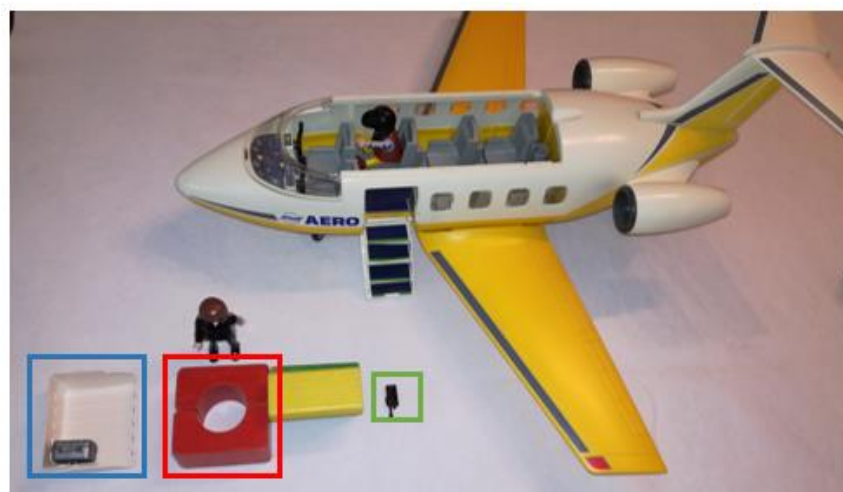


Fig. A2.11. Oficial d'embarcament

A2.2.1.2. Conclusions de la simulació inicial

En aquesta etapa es busca posar en comú aquelles impressions que s'han recollit durant la primera simulació. Per tal de fer-ho es realitzarà un diagrama d'afinitat. És molt important que el facilitador deixi molt clar que en aquesta etapa el que es busca és deduir quins problemes hi ha hagut durant la simulació i no pas **solucions**.

L'objectiu d'aquest diagrama d'afinitat és poder agrupar quins són els problemes que hi han hagut al transcurs d'aquesta tals com colls d'ampolla, quines són les posicions que van més desfogades, operacions que porten més temps etc. Alguns exemples de conclusions que es poden treure són:

- El control de seguretat és un clar coll d'ampolla, especialment la posició 3.
- Els operaris del check in (posicions 1 i 2) poden processar passatgers molt més de pressa del que la resta de posicions les poden absorbir.
- L'autobús fa que l'operari de la posició 5 tingui moments sense gens de feina i moments amb molta més feina de la que pot absorbir.

A2.2.2. Descripció del procés

Aquesta etapa, es pot dividir en dues parts que tot i estar relacionades, busquen ensenyar conceptes diferents. En primer lloc la realització d'un diagrama de procés, per tal de fer-lo el facilitador haurà d'explicar quina és la metodologia i els passos a seguir així com resumir la part teòrica. Per tal de realitzar aquest diagrama es subministraran als participants Post It de petites dimensions així com un llapis i una goma per tal de poder realitzar tants canvis com siguin necessaris. Per tal de facilitar la seva realització s'utilitzarà una plantilla com la següent:



Fig. A2.12. Exemple de plantilla d'un diagrama de procés

En la segona etapa, un cop s'hagi realitzat el diagrama de procés, el facilitador repartirà als participants un diagrama del procés ja realitzat (és pot observar a continuació). Això permetrà comparar aquell que s'ha realitzat amb un de "correcte" i veure si s'ha arribat a un nivell de detall excessiu o insuficient i si s'han contret massa les etapes. Sobre aquest també es farà un anàlisi de valor. En aquest anàlisi de valor, es classificaran les etapes segons si són:

- **Activitats que afegixen valor:** és marcaran amb color verd. Seran aquelles activitats que el client està disposat a pagar per elles. Una altra manera de classificar-les seria segons si són activitats que contribueixen a la funcionalitat final del producte.
- **Activitats que necessàries per afegir valor:** és marcaran amb color groc. Són activitats sense les quals seria impossible tenir les activitats anteriors.
- **Activitats sense valor:** és marcaran amb vermell. Són aquelles activitats que no estan donant cap funcionalitat al producte o servei (és a dir, que l'usuari no està disposat a pagar per elles).

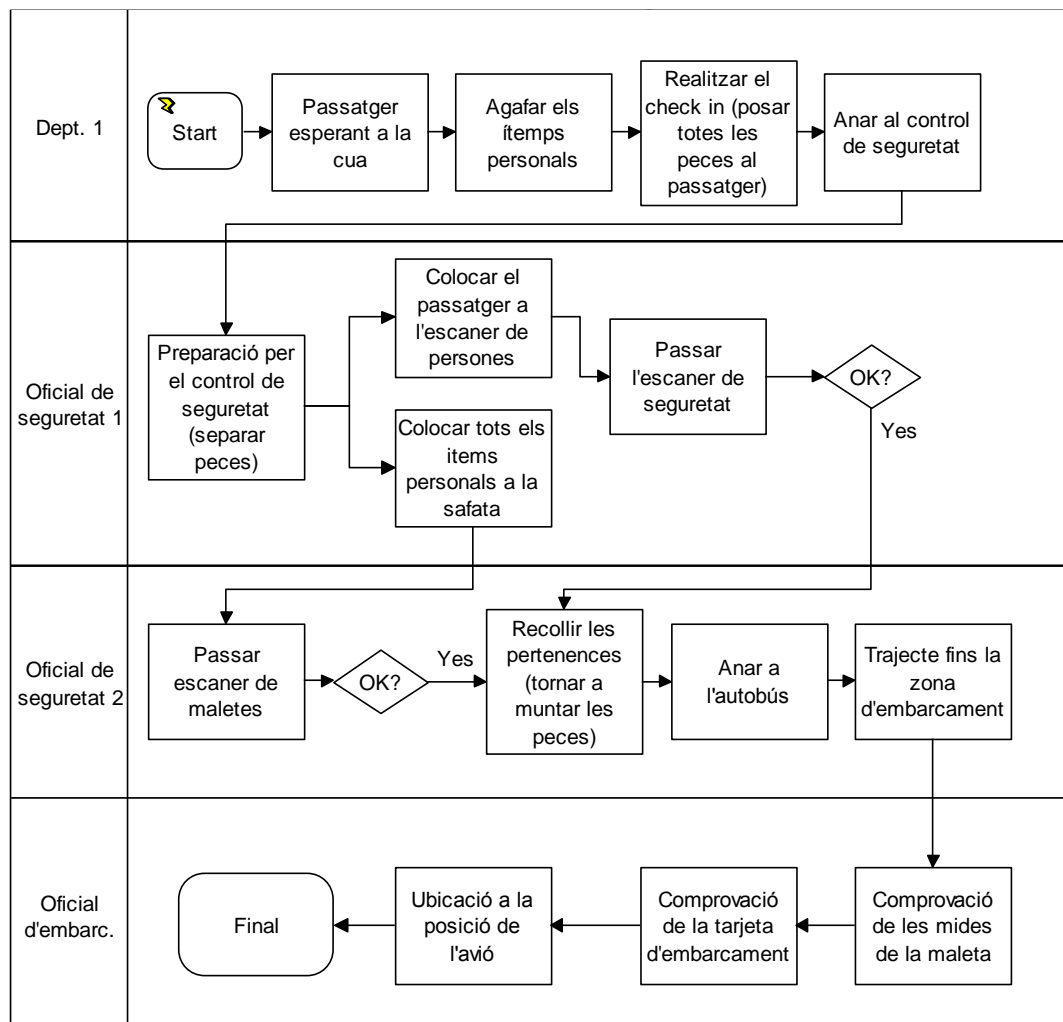


Fig. A2.13. Diagrama de procés per a l'anàlisi de valor

Després d'aquest anàlisi de valor s'haurien de marcar amb vermell gairebé totes les activitats del diagrama. Les úniques activitats que s'haurien de marcar amb color verd serien: realitzar el check in, comprovació de bitllet i asseure's al seient de l'avió. Es busca també generar un debat sobre si passar el control de seguretat és una activitat que genera valor (et protegeix de amenaces) o realment no n'aporta en el fet de pujar a un avió. És important que els participants s'adonin que en un procés la major part de les activitats realitzades no aporten i que la major part del temps s'inverteix en aquestes.

A2.2.3. Cerca de les possibles solucions:

A la vista del diagrama del procés i de l'anàlisi de valor, es permet als participants de la dinàmica proposar millores sobre el procés permetent que facin canvis sobre aquest amb dues condicions:

- Han d'implementar un sistema de Kanban i suprimir l'autobús.
- No es pot ni posar ni treure cap lloc de treball.

Algunes de les millores esperades al final d'aquest procés és:

- Un flux doble per persones i maletes (des del check in els estris personals, maletes i targeta d'embarcament ja van separats de les persones)
- Reubicació de l'oficial de check in a llocs amb més càrrega de feina, tal com el control de seguretat.
- Separació de les maletes, objectes personals i targetes d'embarcament al check in en diferents recipients enlloc d'en un de sol. D'aquesta manera es facilitarà les tasques dels oficials de check in i agilitzarà aquest procés.

A2.2.4. Simulació final

Aquesta simulació es realitza després de la implementació de les millores del punt anterior. Donat que aquestes poden ser molt diverses, a continuació es recull una imatge de com quedaria el muntatge amb les millores obligatòries. Es pot observar que s'ha introduït un sistema de Kanban just abans del control de seguretat i just abans de l'embarcament, on ha substituït l'autobús. El funcionament d'aquest sistema Kanban és el següent: només passarà un passatger per el control de seguretat si com a mínim una de les dues rodones de la zona d'embarcament és buida. Al seu torn, només es farà el check in d'un nou passatger si almenys una de les dues rodones de la zona de control de seguretat és troba buida.

Amb aquestes millores es certifica el pas d'un sistema productiu de tipus Pull a un sistema productiu de tipus Push ja que no és produeix si el sistema no és capaç d'absorbir-ho.



Fig. A2.14. Muntatge després de la implementació de les millores obligatòries

En aquesta segona simulació, igual que en la primera és realitzaran les mesures de WIP, Lead Time i persones que acaben el procés juntament amb els càlculs del Throughput i el temps de cicle. Tots aquests resultats s'anotaran a la taula de resultats de la figura A2.14. Igual que a la simulació 1, aquests càlculs i mesures s'utilitzaran per a comprovar la validesa de la llei de Little.

A2.2.5. Conclusions de la simulació

En aquesta etapa es busca que siguin els mateixos participants qui vegin que la implementació de les millores de la tipologia Lean han permès una disminució de tots els paràmetres: Lead Time, WIP i numero de passatgers a l'avió. Per tal de fer-ho s'afavorirà que els participants comparteixin la seva experiència entre si amb la moderació del facilitador.

Annex 3. Dinàmica Heijunka:

A3.1. Objectius

Els objectius d'aquesta dinàmica és podrien resumir com:

- **Posar en pràctica un sistema productiu Heijunka:** Tal com el nom de la dinàmica indica, el principal objectiu d'aquesta dinàmica és aconseguir establir un sistema Heijunka i veure les avantatges respecte un sistema productiu tradicional.
- **Utilització d'un sistema productiu FIFO:** durant la dinàmica es buscarà la reducció de la mida del lot fins al mínim (sistema First-In-First-Out abreviat com a FIFO) per tal de comparar el rendiments amb sistemes productius amb lots més grans.
- **Implementació d'un procés productiu pull:** amb l'objectiu d'aconseguir el sistema FIFO, s'implementarà un sistema de Kanban, amb l'objectiu final d'implementar un procés Pull.
- **Apreciació de les avantatges d'un sistema 5S:** malgrat que durant la realització de la dinàmica no s'aplicarà el mètode complet, un dels objectius buscats serà que els participants vegin les avantatges de tenir un lloc de treball ordenat.

A3.2. Descripció del material utilitzat per a la simulació

La dinàmica consistirà en la simulació d'una línia de producció d'una fàbrica de làmpades. Per a la simulació caldran 3 persones col·locades com es pot veure a la figura A3.15 al voltant d'una taula llarga. Al seu costat observem que hi tenen les caixes amb les peces que han de utilitzar, que inicialment és trobaran desordenades, marcades amb color vermell. Donat que és vol simular un sistema productiu en sèrie, cadascun dels participants fabricarà una part de la làmpada. Aquestes seran:

1. Bases de làmpades
2. Suport vertical
3. Instal·lació elèctrica.

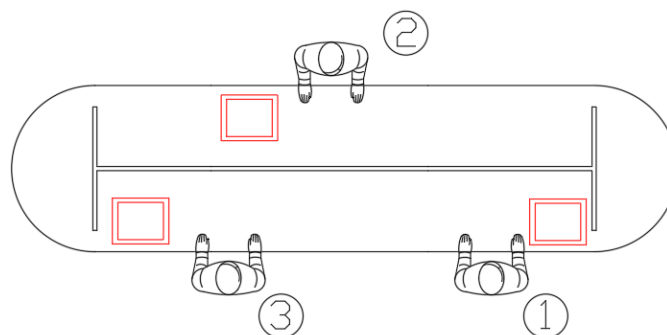


Fig. A3.15. Posició dels participants de la dinàmica

En la dinàmica es simularà que en aquest planta es fabriquen tres tipus de làmpades. Cadascun d'aquests dissenys està pensat perquè hi hagi una de les tres parts que requereixi més temps que les altres per muntar-se per tal de crear desequilibris en la producció. Aquestes models són:

A3.2.1. Model de làmpada 1

Aquest model, com tots els altres consta de 3 parts, en aquest cas la part que requereix més laboriositat per muntar-se serà la del suport vertical.



Fig. A3.16. Model de làmpada 1

Base: per al muntatge de la base és requerirà de l'assemblatge de les peces de la imatge de l'esquerra de la figura A3.17 de la manera com és veu a la part dreta. El muntatge d'aquesta base no hauria de requerir al participant d'un temps excessiu.

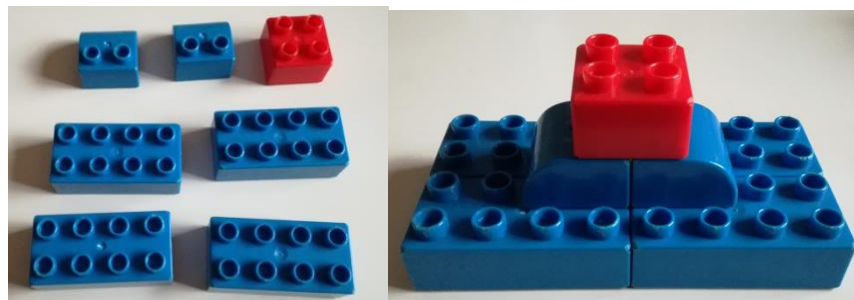


Fig. A3.17. Base del model de làmpada 1

Suport vertical: per al muntatge de la base és requerirà de l'assemblatge de les peces de la imatge de l'esquerra de la figura A3.17 tal i com es veu a la figura de la dreta. S'haurà de realitzar en dues fases, en primer lloc caldrà construir el suport vertical amb l'alternança de colors que es pot observar a la dreta de la figura A3.17 i a continuació el bloc que es col·locarà sobre d'aquestes. És la part que requereix més laboriositat i temps per a construir-se. Aquest operari ajuntarà la base, que rebrà de l'operari 1 amb el suport vertical.

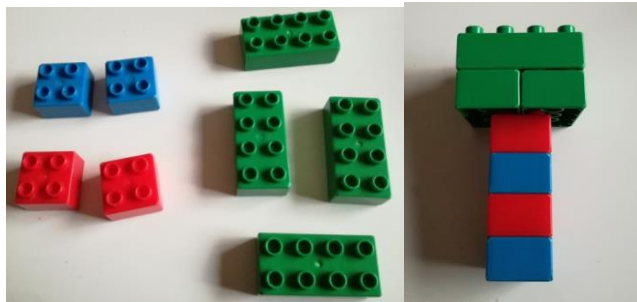


Fig. A3.18. Suport vertical de la làmpada 2.

Sistema elèctric: en aquest cas, és simularà com una bombeta que haurà d'assemblar aquest operari ajuntant les peces com veiem a la part esquerra de la figura A3.19. Aquest operari ajuntarà el conjunt base-suport vertical, que rebrà de l'operari 2, amb la bombeta.

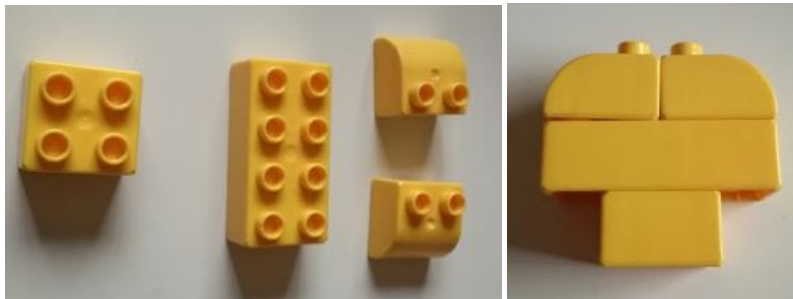


Fig. A3.19. Sistema elèctric del model de làmpada 1.

A3.2.2. Model de làmpada 2

En aquest cas la part que requerirà més temps per a muntar-se serà la base. D'aquesta manera els ritme de sortida de peces el marcarà l'operari de la posició 1.



Fig. A3.20. Model de làmpada 2.

Base: Aquesta serà la part més laboriosa. Caldrà que l'operari en primer lloc ajunti les peces de color groc i a continuació, ajunti les de color vermell. Donada la seva major dificultat s'espera que sigui el coll d'ampolla del procés.

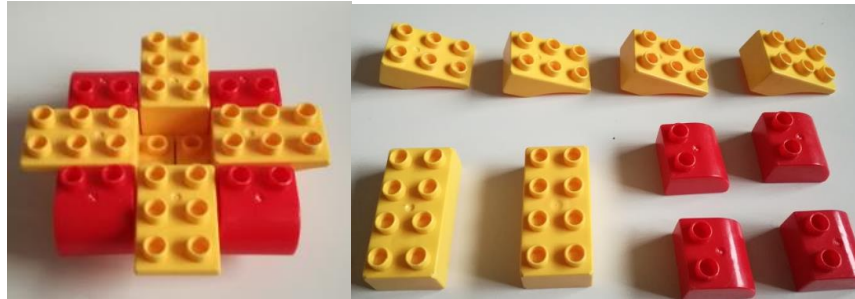


Fig. A3.21. Base del model de làmpada 2.

Suport vertical: en aquest cas, la manca d'un patró de colors fa que el seu muntatge sigui molt més senzill i per tant que aquest operari tingui molta menys càrrega de feina que l'operari 1. Aquest operari ajuntarà la base amb el suport vertical.

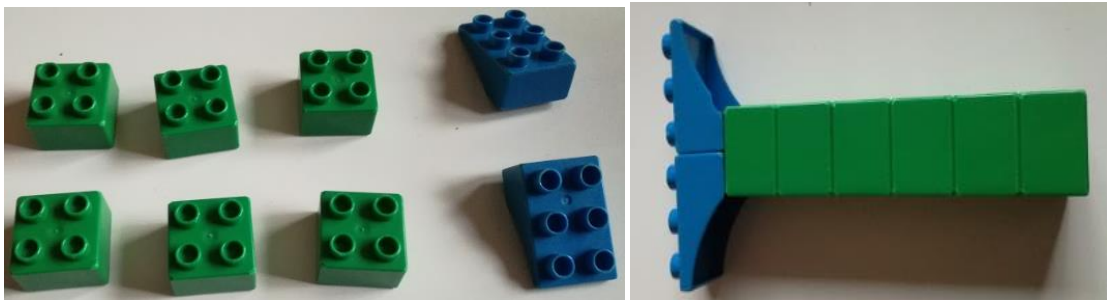


Fig. A3.22. Suport vertical del model de làmpada 2.

Sistema elèctric: es tracta del mateix muntatge que l'utilitzat al model de làmpada 1. En aquest cas, igual que en el model de làmpada 1, l'operari 3 serà l'encarregat de fer l'assemblatge de les peces base-suport vertical amb el sistema elèctric.

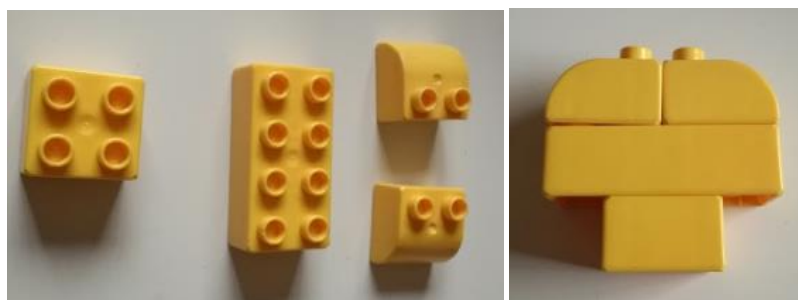


Fig. A3.23. Sistema elèctric del model de làmpada 2, idèntic al de la làmpada 1.

A3.2.3. Model de làmpada 3

En aquest cas la part que requerirà més temps per a muntar-se serà el sistema elèctric. Així doncs el coll d'ampolla el trobarem al final i serà aquest darrer procés el que marcarà el ritme de sortida de les peces.



Fig. A3.24. Model de làmpada 3.

Base: en aquest cas el muntatge de la base és molt senzill. És així perquè els participants s'adonin que en el muntatge de la làmpada 3 el primer operari passa la major part del temps sense fer res mentre que en els altres casos, especialment el del model 2, té una carrega de feina molt major. Si és compara amb el temps requerit per al muntatge del sistema elèctric el desequilibri és d'allò més gran.



Fig. A3.25. Base del model de làmpada 3.

Suport vertical: en aquest cas el suport vertical té una dificultat mitjana ja que requereix d'un patró de colors (podem observar-lo en la imatge de la dreta). Tot i així no hauria de requerir un temps excessiu a l'operari. De nou, és en aquesta posició on s'ajuntarà el suport vertical amb la base.

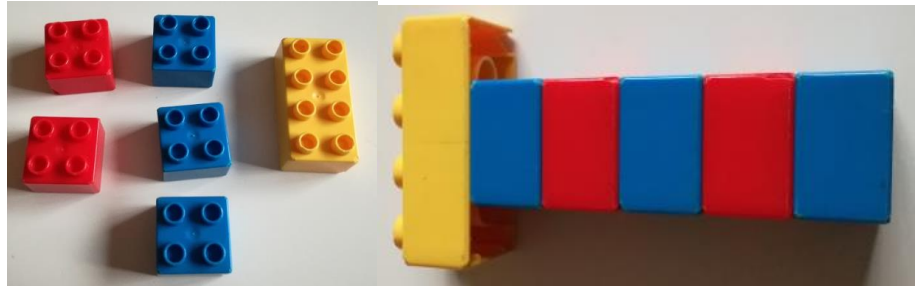


Fig. A3.26. Suport vertical del model de làmpada 3.

Sistema elèctric: aquest muntatge requereix d'una complexitat molt més elevada que els altres muntatges ja siguin de sistema elèctric, suport vertical o base. El fet que hi hagi una seqüència de colors dificulta que és pugi fer amb velocitat. Esta dissenyat per ser el coll d'ampolla més gran dels processos de muntatge dels tres models de làmpades.

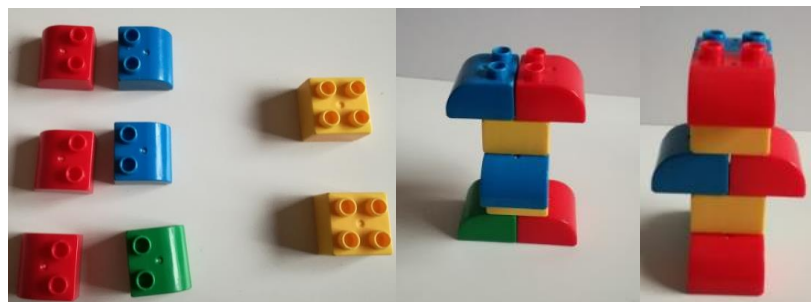


Fig. A3.27. Sistema elèctric del Model de làmpada 3.

A3.3. Procediment operatiu de la simulació

El procediment de la dinàmica consistirà en anar reduint la mida del lot i comparant els temps de muntatge de la totalitat de les peces. En tots els casos, es muntaran 6 làmpades de cada tipus. La mida dels lots utilitzats serà:

- Lots de 6 làmpades començant per les làmpades de tipus 1.
- Lots de 3 làmpades començant per les làmpades de tipus 1.
- Lots de 1 làmpada (Sistema First-in-First-out o FIFO) començant per les làmpades de tipus 1. Per a la implementació d'aquest sistema s'implementarà un sistema de Kanban, de manera que no es fabricarà cap peça fins que l'operari de la següent posició la pugui processar tal i com es pot veure a la figura A3.28 (marcat amb color verd.) Aquests Kanbans es poden implementar a partir de molts objectes, una manera senzilla de fer-ho seria dibuixant un cercle sobre la taula amb guix o a partir de cercles dibuixats sobre fulls de paper.

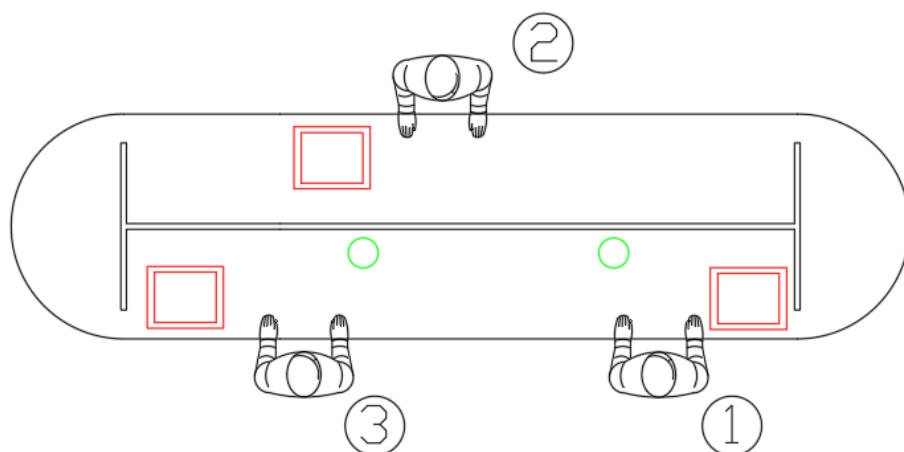


Fig. A3.28. Línia de muntatge després de la implementació de Kanban. .

Amb la reducció de la mida del lot, el temps total de fabricació s'anirà reduint de manera progressiva fins a arribar al mínim en el cas del sistema FIFO. Aquesta reducció és veurà propiciada pel fet que com més gran és el lot, major és el retard que es pateix degut al coll d'ampolla ja que el següent operari no pot començar fins que l'anterior ha acabat.

Un cop acabat el sistema de reducció de lots, caldrà donar temps als participants perquè pensin en millores respecte al sistema productiu. La implementació de millores és totalment lliure però és important que s'implementin les següents (en cas que als participants no es implementin per iniciativa pròpia és responsabilitat del facilitador orientar-los):

- **Organització de les peces de les caixes:** podria equivaldre a l'aplicació d'un 5S. Aquesta millora consistirà en agrupar les peces segons tipologia i color.
- **Aplicació d'un sistema productiu Heijunka:** per a la implementació d'aquesta millora es donarà total llibertat als participants per a aplicar l'ordre que sigui necessari. Tot i així, en tots els casos caldria aprofitar el temps en que s'està desocupat per tal de muntar aquelles peces que radiquen de més dificultat.

Durant aquesta segona fase de la dinàmica també es realitzaran lots de mides de sis, tres i una unitats (FIFO). En total, com en el cas anterior, es muntaran sempre 6 làmpades de cada tipus. És interessant que els participants vegin els avantatges de utilitzar el sistema productiu Heijunka, especialment en lots grans.

Per tal de facilitar la comparació de resultats els temps total s'anotaran en un full a la vista de tothom que tindrà la següent estructura.

		Làmpades del tipus 1	Làmpades del tipus 2	Làmpades del tipus 3	Temps total de producció
Sistema productiu tradicional	Lots de 6 unitats				
	Lots de 3 unitats				
	Lots de 1 unitats (FIFO)				
Sistema productiu Heijunka	Lots de 6 unitats				
	Lots de 3 unitats				
	Lots de 1 unitats (FIFO)				

Fig. A3.29. Fulla de resultats

En aquesta fulla de restaurants s'hauria de reflectir que com menor és la mida del lot més es redueixen els temps totals de fabricació. A més, s'ha de veure una clara diferència entre els temps abans i després d'implementar la metodologia Heijunka

A3.4. Conclusions de la simulació

En aquesta etapa es busca que siguin els mateixos participants, reunits per els grups amb qui han realitzat la dinàmica qui vegin que la implementació de la reducció d les mides del lot ha permès la disminució de els temps de producció de cada lot de manera individual i, conseqüentment, això ha portat a la reducció del temps total de producció dels lots.